

PENGARUH AKTIVASI KIMIA ARANG TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) TERHADAP ADSORPSI LOGAM TIMBAL (Pb)

Chemical Activation Effect of Water Hyacinth Plant (*Eichhornia crassipes*) Charcoal on Adsorption of Lead (Pb) Metal

*Vivi Dia A. Sangkota, Supriadi, Idanrwan Said

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 14 December 2016, Revised 17 January 2017, Accepted 17 February 2017

Abstract

*This study aimed to determine the optimum pH and the optimum weight of charcoal and activated charcoal from water hyacinth in adsorbing the lead (Pb) metals. Determination of adsorbed metal content in the charcoal and the activated charcoal was measured using a spectrophotometer spectrodirect. Activated water hyacinth charcoal was prepared by carbonization in furnace at a temperature of 300 °C in low oxygen levels. Then the carbon was activated by adding ZnCl₂ 10%, soaked for 24 hours, filtered and placed in the oven at a temperature of 105 °C for 1 hour. The optimum pH was determined by mixing Pb²⁺ with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) charcoal at various pH of 3; 4; 5; 6; 7 and 8. The results indicated the optimum pH of charcoal and activated charcoal to adsorb metals was 5 with the percentages of lead absorbed were 90.34% and 98.67%, respectively. While the weight of charcoal varied by 25, 50, 75, 100 and 125 mg, the optimum weight of activated charcoal was 100 mg with lead absorbed by 98.44%. The results showed that the water hyacinth charcoal and activated charcoal performed excellent ability to adsorb lead metal.*

Keywords: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*); Activated charcoal; Pb content; adsorption of lead; spectrophotometer spectrodirect.

Pendahuluan

Seiring berkembangnya industri dalam negeri, tidak hanya menimbulkan dampak positif bagi masyarakat, melainkan juga dampak negatif bagi lingkungan yaitu semakin meningkatnya logam berat. Sifat toksik logam berat serta masuknya logam berat ke badan air dapat mempengaruhi kualitas air. Logam timbal (Pb) merupakan logam berat yang bersifat toksik yang dapat menyebabkan gangguan pada organ tubuh makhluk hidup (Purnomo & Muchyiddin, 2007).

Penelitian sebelumnya tentang analisis logam timbal pada berbagai jenis ikan di Teluk Palu oleh Hasrat, dkk., (2014) menjelaskan bahwa pada pengujian kualitatif ikan positif mengandung logam timbal (Pb). Hasil pengujian kuantitatif didapatkan kadar rata-rata logam timbal (Pb) adalah: Ikan Petek di lokasi Taman Ria 0,757

mg/kg; di lokasi sekitar Muara Sungai Palu 1,752 mg/kg; di lokasi sekitar Pantai Talise 0,719 mg/kg; Ikan Teri di lokasi Taman Ria 1,989 mg/kg; di lokasi sekitar Muara Sungai Palu 2,075 mg/kg dan di lokasi sekitar Pantai Talise 1,655 mg/kg. Kadar logam timbal (Pb) pada kedua ikan tersebut telah melampaui nilai batas maksimum berdasarkan SNI tahun 2009 yaitu 0,50 mg/kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa perairan di kota Palu (Sulawesi Tengah) telah mengalami pencemaran oleh logam timbal (Pb) sehingga diperlukan alternatif untuk mengurangi kadar logam tersebut. Salah satunya dengan menggunakan arang aktif untuk mengadsorpsi logam berat. Arang aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, cairan ataupun gas (Soetomo, 2012). Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat

*Correspondence:

Vivi Dia A. Sangkota

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: vivisangkota29@gmail.com

Published by Universitas Tadulako 2017

adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Jamilatun & Setyawan, 2014).

Tanaman eceng gondok (*eichhornia crassipes*) adalah salah satu tanaman yang dapat dijadikan arang aktif. Eceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya, sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma karena dapat merusak lingkungan perairan dengan pertumbuhannya yang sangat cepat, namun tanaman ini memiliki kemampuan untuk menyerap logam. Akar kering dari eceng gondok digunakan untuk menyerap logam Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , dan Zn^{2+} (Mahamadi, 2011). Tanaman eceng gondok mengandung 17,2% protein kasar, 15-18% serat dan 16-20% abu yang terdiri dari beberapa komponen seperti; kalium, kalsium, karbon, belerang, dan mangan. Arang aktif eceng gondok ini mempunyai kemampuan menyerap senyawa organik maupun senyawa anorganik. Padahal selama ini tanaman eceng gondok dikenal oleh masyarakat sebagai gulma dalam perairan (Valentina, dkk., 2013). Eceng gondok merupakan adsorben yang baik untuk Cd(II) dan Pb(II) pada pH 5 dan waktu kesetimbangan tercapai dalam waktu 30-60 menit (Ibrahim, dkk., 2012).

Tangio (2013) juga telah melakukan penelitian tentang adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa eceng gondok (*eichhornia crassipes*). Bagian daun dipisahkan dari akar dan batangnya, dikeringkan dengan oven kemudian diblender sampai halus. Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara menginteraksikan ion logam Pb^{2+} dengan biomassa daun eceng gondok (*eichhornia crassipes*) selama 60 menit pada variasi pH 3; 4; 5; 6,7; dan 8. Variasi pH dapat berpengaruh terhadap adsorpsi logam timbal (Pb) oleh biomassa daun eceng gondok. Pb^{2+} yang teradsorpsi masing-masing adalah pada pH 3 diperoleh 109,21 ppb, pH 4 diperoleh 125,21 ppb, pada pH 5 teradsorpsi sebesar 134,87 ppb, pH 6 teradsorpsi 94,42 ppb, pH 7 sebesar 90,56 ppb dan pH 8 sebesar 63, 26 ppb. Dimana pH optimum dari Pb yaitu 5. Danarto & Samun (2008) juga meneliti tentang pengaruh aktivasi karbon dari sekam padi pada proses adsorpsi logam Cr(VI). Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa aktivasi karbon dari sekam padi menggunakan larutan $ZnCl_2$ akan

meningkatkan kemampuan penjerapan larutan Cr(VI) dan penjerapan maksimal terjadi pada karbon yang diaktivasi larutan $ZnCl_2$ 10% yaitu sebesar 95,6%. Pada konsentrasi aktivator di atas 10% kemampuan penjerapan karbon relatif tidak berubah. Hutavea & Sirait (2012) juga telah melakukan penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan penambahan zat pengaktif $ZnCl_2$, Na_2CO_3 dan NaOH. Berdasarkan hasil analisa bilangan iodine, karbon aktif terbaik diperoleh dari zat pengaktif $ZnCl_2$ yaitu pada suhu aktivasi 850 °C, waktu aktivasi 105 menit dan konsentrasi zat pengaktif 5%. Sedangkan berdasarkan hasil analisa luas permukaan, karbon aktif terbaik diperoleh dari zat pengaktif $ZnCl_2$ yaitu pada suhu 950 °C, waktu aktivasi 120 menit dan konsentrasi zat pengaktif 5%. Jaya (2015) juga meneliti tentang adsorpsi emisi gas CO, NO dan NOx menggunakan karbon aktif dari limbah kulit buah kakao (*theobroma cacao*) pada kendaraan bermotor roda empat yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dari limbah kulit buah kakao dengan variasi konsentrasi $ZnCl_2$ dan mengetahui perbandingan antara kadar adsorpsi emisi gas CO, NO, dan NOx pada kendaraan bermotor roda empat dengan baku mutu pencemaran udara. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh diketahui bahwa mutu karbon aktif yang baik adalah yang teraktivasi $ZnCl_2$ 10% dengan kadar air 1,97%, kadar abu 4,44%, kadar zat mudah menguap 3,35%, dan kadar karbon terikat 92,21%. Tulisan ini mendeskripsikan penelitian tentang pengaruh aktivasi kimia arang tanaman eceng gondok (*eichhornia crassipes*) terhadap adsorpsi logam timbal (Pb).

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pipet tetes, cawan porselin, gelas kimia, gelas ukur, pH meter, oven, ayakan 70 mesh, magnetic stirer, neraca ohaus, shaker, labu ukur, lumpang dan alu, Furnace, erlenmeyer, batang pengaduk, kertas aluminium foil, pipet ukur 10 ml, dan 25 ml, botol semprot dan spektrofotometer spektro-direct (Lovibond).

Bahan yang digunakan yaitu tanaman eceng gondok, $ZnCl_2$ (Aldrich), $Pb(NO_3)_2$ (Aldrich), buffer asetat, aquades dan Kertas saring Whatman 41.

Cara Kerja

Pembuatan Arang Eceng Gondok

Proses pembuatan arang eceng gondok dilakukan dengan cara memodifikasi prosedur kerja yang telah dilakukan sebelumnya oleh Akhmad, dkk., (2012) dan Tangio (2013). Tanaman eceng gondok dibersihkan dari sisa-sisa kotoran kemudian dipisahkan dari akarnya dan dicuci dengan menggunakan air bersih. Eceng gondok yang bersih dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari selama 5 hari. Eceng gondok dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya dan mendiampkannya sampai pada suhu kamar. Eceng gondok dihaluskan menggunakan blender. Eceng gondok halus kemudian dibakar (karbonisasi) menggunakan tanur pada suhu 300 °C dengan kadar oksigen rendah sampai menjadi arang dan didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Arang yang telah terbentuk dihaluskan dengan lumpang dan alu, lalu dibersihkan kembali dengan menggunakan aquades. Arang dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Arang diayak menggunakan ayakan ukuran 70 mesh. Diambil 50 gram arang yang terbentuk dan dimasukkan pada erlenmeyer. Arang yang berada di erlenmeyer diaktivasi dengan ditambahkan 500 mL larutan ZnCl₂ 10% kemudian erlenmeyer diletakkan pada magnetic stirer selama 10 menit lalu didiamkan selama 24 jam. Arang aktif disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Arang aktif dicuci sampai pH netral dengan menggunakan aquades. Arang aktif yang berada di wadah dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 105 °C.

Pengaruh variasi pH larutan terhadap adsorpsi logam Pb oleh arang dan arang aktif eceng gondok

25 mL larutan timbal 80 ppm dimasukkan ke dalam 6 buah erlenmeyer yang berbeda. Ditambahkan larutan buffer yang telah dibuat dengan pH 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 dan 8,0 ke dalam labu erlenmeyer. Larutan Pb dicampur dengan 0,1 gram arang eceng gondok dalam labu erlenmeyer. Erlenmeyer ditutup dengan kertas aluminium foil, diikat dengan karet dan selanjutnya dikocok dengan shaker selama 10 menit, kemudian mendiampkannya selama 24 jam. Filtrat dan residu dipisahkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman 41. konsentrasi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer

spektro-direct. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk arang aktif eceng gondok.

Pengaruh variasi berat arang dan arang aktif eceng gondok terhadap adsorpsi logam Pb

Arang eceng gondok yang terbentuk diambil sebanyak 25, 50, 75, 100, 125 mg. Dicampurkan dengan 25 mL larutan Pb 80 ppm dan ditambahkan larutan buffer optimum yang didapatkan pada langkah sebelumnya dalam tabung erlenmeyer. Tabung erlenmeyer ditutup dengan kertas aluminium foil, diikat dengan karet kemudian dikocok dengan shaker selama 10 menit, dan didiamkan selama 24 jam. Filtrat dan residu dipisahkan menggunakan kertas saring Whatman 41. Konsentrasinya diukur dengan menggunakan spektrofotometer spektro-direct. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk arang aktif eceng gondok.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh variasi pH larutan terhadap adsorpsi logam Pb oleh arang dan arang aktif eceng gondok

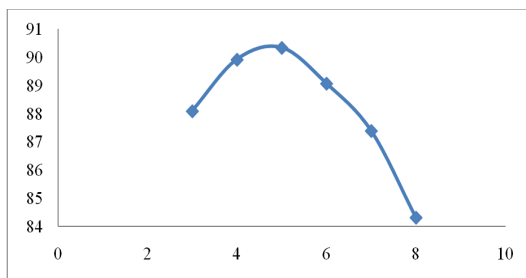
Data hasil pengukuran konsentrasi Pb pada variasi pH arang terhadap adsorpsi logam timbal diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Konsentrasi Pb yang Teradsorpsi pada Variasi pH arang eceng gondok

pH	C _i (mg/l)	C _{eq} (mg/l)	C _b (mg/l)	% Pb terserap
3	71,40	8,50	62,90	88,09
4	71,40	7,20	64,20	89,92
5	71,40	6,90	64,50	90,34
6	71,40	7,80	63,60	89,07
7	71,40	9,00	62,40	87,39
8	71,40	11,20	60,20	84,31

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor yang sangat mempengaruhi proses adsorpsi ion logam dalam larutan, karena keberadaan ion H⁺ dalam larutan akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi spesies ion yang ada dalam larutan sehingga akan mempengaruhi terjadinya interaksi ion dengan situs aktif adsorben (Lestari, dkk., 2003). Penentuan pH optimum pada adsorpsi ion timbal menggunakan arang eceng gondok dilakukan pada variasi pH 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 dan 8,0. Penentuan pH optimum ini bertujuan untuk mengetahui pH optimum dari adsorpsi larutan timbal oleh arang dan arang aktif eceng gondok. pH optimum arang eceng gondok

ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Hubungan antara pH Larutan terhadap % Pb Terserap

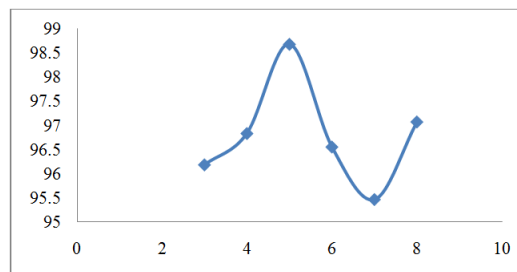
Data Gambar 1 menunjukkan bahwa makin tinggi pH, daya adsorpsi makin besar meskipun peningkatannya tidak signifikan. Adsorpsi pada pH 3 dengan presentase serapan 88,09% kemudian meningkat pada pH 4 menjadi 89,92% dan pada pH 5 teradsorpsi sebesar 90,34%. Jika dilihat dari data ini terjadi peningkatan adsorpsi pada pH 3,4 dan 5 sedangkan pH 6, 7 dan 8 adsorpsinya cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa pada kisaran pH 6, 7 dan 8 logam timbal akan mulai membentuk endapan sehingga menyebabkan menurunnya adsorpsi logam timbal oleh arang eceng gondok. Dari data tersebut, didapatkan pH optimum berada pada pH 5. Data hasil pengukuran konsentrasi Pb pada variasi pH arang aktif terhadap adsorpsi logam timbal diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran Konsentrasi Pb yang Teradsorpsi pada Variasi pH arang aktif eceng gondok

pH	C_i (mg/l)	C_{eq} (mg/l)	C_b (mg/l)	% Pb terserap
3	71,40	2,73	68,67	96,17
4	71,40	2,27	69,13	96,82
5	71,40	0,95	70,45	98,67
6	71,40	2,47	68,93	96,54
7	71,40	3,25	68,15	95,45
8	71,40	2,10	69,30	97,06

Penyerapan logam oleh arang aktif eceng gondok hasilnya lebih baik jika dibandingkan dengan arang eceng gondok. Sesuai dengan penelitian Valentina, dkk., (2013) arang yang teraktivasi mampu menyerap lebih besar dibandingkan arang yang tidak teraktivasi. Persentase serapan timbal arang yang telah diaktivasi lebih besar dibandingkan arang yang tidak diaktivasi. Hal ini disebabkan karena arang yang telah diaktivasi memiliki permukaan yang lebih luas dan hilangnya zat-zat pengotor pada arang dibandingkan arang yang belum

diaktivasi masih memiliki luas permukaan arang yang kecil sehingga mempengaruhi penyerapan timbal oleh arang tersebut. pH optimum arang aktif eceng gondok ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Hubungan antara pH Larutan terhadap % Pb Terserap

Berdasarkan Gambar 2 terlihat jelas bahwa pada pH 3 presentase serapan timbal sebesar 96,17%, meningkat pada pH 4 sebesar 96,82% dan didapatkan pH optimum berada pada pH 5 presentase serapan sebesar 98,67%. Namun pada penelitian ini, terlihat bahwa pada pH 8 terjadi kenaikan serapan Pb sebesar 97,06%. Hal ini disebabkan pada pH tinggi tersebut tidak ada lagi terjadi persaingan antara H^+ dengan permukaan arang terionisasi dengan melepas ion H^+ dan permukaan arang menjadi negatif Vasu (2008) sehingga terjadi interaksi elektrostatik antara permukaan arang aktif dengan ion timbal.

Pengaruh variasi berat arang eceng gondok terhadap adsorpsi logam Pb oleh arang dan arang aktif eceng gondok

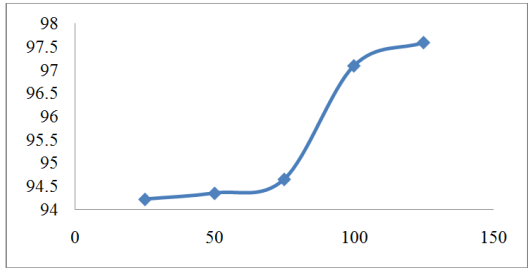
Data hasil pengukuran konsentrasi Pb pada variasi berat arang terhadap adsorpsi logam timbal diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Konsentrasi Pb yang Teradsorpsi pada Variasi berat arang eceng gondok.

pH	C_i (mg/l)	C_{eq} (mg/l)	C_b (mg/l)	% Pb terserap
25	71,40	4,13	67,27	94,22
50	71,40	4,03	67,37	94,35
75	71,40	3,82	67,58	94,65
100	71,40	2,08	69,32	97,09
125	71,40	1,72	69,68	97,59

Data hasil pengukuran yang disajikan pada Tabel 3 berat adsorben semakin meningkat dari 25 mg sampai 125 mg sehingga menyebabkan naiknya persentase logam timbal yang terserap. Peningkatan adsorpsi tersebut disebabkan

karena semakin bertambahnya jumlah arang yang berinteraksi dengan logam timbal. Terjadinya peningkatan adsorpsi logam timbal pada berat biocharcoal 25-125 mg. adapun berat optimum pada variasi berat arang eceng gondok belum didapatkan yaitu ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan antara Berat Arang Aktif terhadap % Pb Terserap

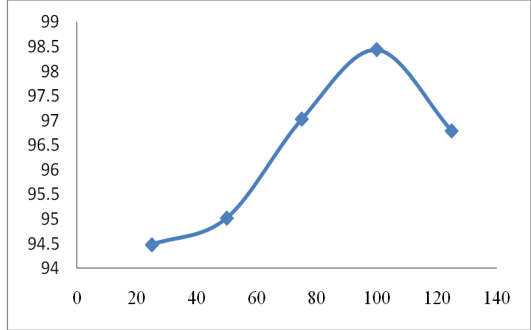
Peningkatan penyerapan arang disebabkan karena kerapatan sel arang dalam larutan sehingga menghasilkan interaksi yang cukup efektif antara pusat aktif dinding sel arang dengan logam timbal, semakin banyak zat penyerap maka semakin banyak pusat aktif arang yang bereaksi. Adsorpsi logam timbal meningkat secara terus-menerus pada berat 25-125 mg. Hal ini terjadi karena ion-ion timbal yang terdapat di dalam larutan belum teradsorpsi sepenuhnya oleh arang, dengan kata lain ion timbal pada larutan belum habis teradsorpsi oleh arang. Selain itu, hal tersebut juga dapat terjadi karena permukaan arang belum dalam keadaan jenuh dengan ion-ion logam timbal sehingga peningkatan berat arang mempengaruhi peningkatan penyerapan ion logam oleh arang (Radyawati, 2011). Berdasarkan uraian di atas maka belum didapatkan berat optimum arang eceng gondok untuk menyerap logam Pb.

Data hasil pengukuran konsentrasi Pb pada variasi berat arang aktif terhadap adsorpsi logam timbal diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengukuran Konsentrasi Pb yang Teradsorpsi pada Variasi berat arang eceng gondok.

pH	C _i (mg/l)	C _{eq} (mg/l)	C _b (mg/l)	% Pb terserap
25	71,40	4,13	67,27	94,22
50	71,40	4,03	67,37	94,35
75	71,40	3,82	67,58	94,65
100	71,40	2,08	69,32	97,09
125	71,40	1,72	69,68	97,59

Hasil pengukuran pada Tabel 4 terlihat bahwa penyerapan semakin meningkat dari 25 mg sampai 100 mg sehingga menyebabkan naiknya persentase logam timbal yang terserap, namun pada berat adsorben 125 mg serapannya relatif menurun. Adapun pH optimum arang aktif ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hubungan antara Berat Arang Aktif terhadap % Pb Terserap

Peningkatan adsorpsi tersebut disebabkan karena bertambahnya jumlah arang aktif yang berinteraksi dengan logam timbal. Terjadinya peningkatan adsorpsi logam timbal pada berat arang aktif 25-100 mg, karena kerapatan sel arang dalam larutan sehingga menghasilkan interaksi yang cukup efektif antara pusat aktif dinding sel arang aktif dengan logam timbal, semakin banyak zat penyerap maka semakin banyak pusat aktif arang yang teraktivasi yang bereaksi (Radyawati, 2011).

Selanjutnya adsorpsi logam timbal menurun pada berat arang aktif 125 mg. Hal ini terjadi karena ion-ion timbal yang terdapat di dalam larutan telah teradsorpsi sepenuhnya oleh arang aktif, dengan kata lain ion timbal pada larutan telah habis teradsorpsi oleh arang aktif. Selain itu, hal tersebut juga dapat terjadi karena permukaan arang aktif sudah dalam keadaan jenuh dengan ion-ion logam timbal sehingga peningkatan berat arang aktif relatif tidak lagi mempengaruhi peningkatan penyerapan ion logam oleh arang aktif tersebut (Radyawati, 2011).

Sejalan dengan penelitian dari Valentina, dkk., (2013) yang mengatakan bahwa arang aktif memiliki pori-pori yang lebih besar dibandingkan dengan arang non aktivasi, sehingga menyebabkan proses penyerapannya lebih besar. Terlihat jelas pada hasil penelitian ini mengenai variasi berat arang eceng gondok, berat optimum arang belum didapatkan sedangkan pada variasi berat arang aktif eceng

gondok, berat optimum berada pada 100 mg arang aktif eceng gondok. Dengan kata lain arang aktif lebih cepat jenuh dengan ion-ion logam yang akan diserap dibandingkan arang non aktivasi. Berdasarkan uraian di atas maka dapat diketahui bahwa adsorpsi optimum logam timbal terjadi pada 100 mg berat arang aktif dengan persentase serapan yaitu 98,44% dan kapasitas serapan maksimum arang aktif dalam menyerap logam sebesar 0,70 mg Pb/mg arang aktif. hal ini berarti bahwa tiap 1 mg arang aktif eceng gondok mampu mengadsorpsi logam ion timbal sebesar 0,70 mg.

Kesimpulan

pH 5,0; berat logam timbal yang terserap yaitu 17,61 mg/g, dan persentase logam timbal yang terserap yaitu 98,67%. Adapun berat optimum yang diperlukan arang aktif eceng gondok untuk menyerap logam timbal adalah sebesar 100 mg, berat logam timbal yang terserap yaitu 17,58 mg/g, dan persentase logam timbal yang terserap yaitu 98,44% dengan kapasitas maksimum serapan maksimum arang aktif eceng gondok terhadap ion timbal yaitu 0,70 mg Pb/mg arang aktif.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada laboran Laboratorium FKIP Jurusan Pendidikan MIPA Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Tadulako yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Akhmad, Susanti, & Purwaningsih. (2012). Pengaruh temperatur karbonisasi dan konsentrasi zink klorida ($ZnCl_2$) terhadap luas permukaan karbon aktif eceng gondok. *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*, 10(3), 1-10.
- Danarto, & Samun. (2008). Pengaruh aktivasi karbon dari sekam padi pada proses adsorpsi logam Cr(VI). *Ekulilibrium*, 7(1), 13-16.
- Hasrat, Jamaludin, & Ibrahim, N. (2014). Analisis logam timbal (Pb) pada ikan petek (*leiognathus sp.*) dan ikan teri (*stelophorus sp.*) di kawasan laut teluk Palu secara spektrofotometri serapan atom. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Alam Online*, 3(3), 230-238.
- Hutavea, M. A., & Sirait, S. R. (2012). Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa sawit dengan penambahan zat Pengaktif. *Jurnal Teknik Kimia*, 8(2), 1-8.
- Ibrahim, H. S., Mustafa, S., & Medhat, I. (2012). Removal of Cd(II) and Pb(II) from aqueous solution using dried water hyacinth as a biosorbent. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 96(1), 413-420.
- Jamilatun, & Setyawan. (2014). Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan aplikasinya untuk penjernihan asap cair. *Jurnal Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri*, 12(1), 100-112.
- Jaya, F. T. (2015). *Adsorpsi emisi gas CO, NO, dan NOx menggunakan karbon aktif dari limbah kulit buah kakao (theobroma cacao l.) pada kendaraan bermotor roda empat*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Lestari, S., Eko, S., & Mudasir. (2003). Studi kemampuan adsorpsi biomassa *saccharomyces cerevisiae* yang termobilkan pada silika gel terhadap tembaga(II). *Teknosains*, 16A(3), 357-371.
- Mahamadi, C. (2011). Water hyacinth as a biosorbent. *Environmental Science and Technology*, 5(13), 1137-1145.
- Purnomo, T., & Muchyiddin. (2007). Analisis kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng (*chanos chanos forsk.*) di tambak kecamatan gresik. *Neptunus*, 14(1), 68-77.
- Radyawati. (2011). *Pembuatan biocharcoal dari kulit pisang kepok untuk penyerapan logam timbal(Pb) dan logam seng(Zn)*. Palu: Untad Press.
- Soetomo, A. H. (2012). *Pembuatan karbon aktif dari limbah kulit singkong dengan menggunakan furnace*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Tangio, S. J. (2013). Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa eceng gondok (*eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(8), 501-506.
- Valentina, Miswadi, & Latifah. (2013).

Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 84-89.

Vasu, E. A. (2008). Surface modification of activated carbon for enhancement of nickel(II) adsorption. *E-Journal of Chemistry*, 5(4), 814-819.